

Prise en compte des consommations énergétiques et des émissions de gaz à effet de serre dans la conception des systèmes d'élevage innovants

Jonathan VAYSSIERES¹, Mathieu VIGNE¹, A. THEVENOT³, M. CANO³,
A. BROCC⁴, R. BELLINO⁵, Emilie DIACONO¹, Emmanuel TILLARD¹,
Philippe LECOMTE²

¹ UMR SELMET, Cirad-Es, Station de Ligne-Paradis-7 Chemin de l'IRAT-97410 Saint-Pierre, La Réunion

² UMR Dynamique des systèmes d'élevage en milieux méditerranéens et tropicaux, Cirad, Campus international de Baillarguet-34398 Montpellier cedex 5

³ Cirad / Université de Montpellier II, Montpellier, France

⁴ Université de la Réunion, Le Tampon, La Réunion

⁵ SUPAGRO, Montpellier, France

Résumé — Selon le GIEC les activités anthropiques jouent un rôle essentiel dans le réchauffement climatique de notre planète. Selon la FAO, l'élevage contribuerait à hauteur de 18% aux émissions totales de gaz à effet de serre (GES) d'origine anthropique. Face à une population mondiale et une demande en produits animaux grandissantes, il s'agit de concevoir des systèmes d'élevage non seulement plus productifs mais également moins émetteurs de GES. Dans cette perspective et à titre exploratoire, un important travail méthodologique a été mené afin d'évaluer les consommations énergétiques et les émissions de GES des productions animales à La Réunion. Partant d'une méthode développée en France métropolitaine il a fallu réévaluer les coefficients énergétiques et les facteurs d'émission en tenant compte des particularités du contexte et des systèmes d'élevage locaux. Afin de le rendre plus générique, ce travail a couvert les principales productions animales de l'île : l'élevage de bovin lait, de bovin viande, de porc, de volaille et de lapin. L'échantillon étudié couvre 165 élevages soit environ 25% des exploitations encadrées par les coopératives locales. Les résultats montrent une forte diversité de performances énergétiques ce qui sous-entend une marge de progrès importante. Diminuer les consommations énergétiques et donc réduire les émissions de GES par kg de viande produite, suppose une amélioration des performances zootechniques telles que l'indice de consommation. Il est donc possible d'intensifier les productions animales tout en contrôlant leurs émissions de GES. Un travail similaire mériterait d'être mené en Afrique ; il supposera de fortes adaptations méthodologiques pour pouvoir évaluer des systèmes peu mécanisés et à faible niveau d'intrants.

1. Introduction : nécessité d'une meilleure prise en compte des émissions de GES dans la conception des systèmes d'élevage des pays du Sud

Le réchauffement climatique est maintenant avéré et inéluctable (IPCC, 2006). Les activités anthropiques ont un rôle essentiel dans le réchauffement climatique de notre planète. Il résulte principalement d'un accroissement rapide de la concentration en GES de l'atmosphère. Cet accroissement est lui-même fortement lié aux consommations d'énergies non renouvelables en plein essor depuis l'industrialisation dans les années 1950 des pays actuellement développés, puis encore accentuée par celle des pays émergents ces dix dernières années.

La place des activités d'élevage n'est pas négligeable puisqu'il est estimé qu'elles sont à l'origine, directement ou indirectement, de 18% des émissions de GES (Steinfeld *et al.*, 2006). Cette estimation comptabilise :

- les émissions indirectes résultant du transport des intrants et des produits des activités d'élevage, et de la mise en culture ou en prairies d'espaces naturels et de forêts (déstockage du carbone),
- et les émissions directes liées à la fermentation entérique des ruminants, la gestion des effluents d'élevage et la fertilisation minérale des cultures et prairies destinées à l'alimentation des animaux.

Pour la recherche zootechnique il s'agit i) non seulement d'anticiper les conséquences (positives ou négatives) que le réchauffement climatique pourrait avoir sur les systèmes d'élevage pour faciliter leur adaptation (Thornton *et al.*, 2009), ii) mais aussi d'accompagner une réduction des émissions de GES liées aux activités d'élevage. Ce processus est déjà en réflexion et parfois amorcé dans les pays industrialisés signataires du protocole de Kyoto. Ces derniers se sont en effet engagés à réduire de 20% leurs émissions de GES d'ici 2050. Les pays émergents et en développement signataires eux n'ont pour l'instant pas de contraintes spécifiques. C'est cependant dans ces pays que la croissance des émissions risque d'être la plus importante dans les 40 prochaines années. En effet la population est en forte croissance et ses comportements de consommation sont en pleine mutation. La prospective Agrimonde prévoit que le continent Africain en particulier génère une part majeure de la croissance démographique mondiale à venir (Chaumet *et al.*, 2009). Cette croissance devrait s'accompagner d'une rapide augmentation de la demande en produits agricoles et tout particulièrement en produits d'origine animale si le changement des habitudes alimentaires suit celui déjà intervenu en pays industrialisés et en cours en pays émergents. Il s'agit donc dès aujourd'hui de développer des méthodes permettant l'évaluation des consommations énergétiques et des émissions de GES générées par les activités d'élevage, tous particulièrement dans les pays du Sud.

2. Méthode : une nécessaire adaptation des méthodes d'évaluation selon le contexte et les systèmes d'élevage locaux

L'Analyse de Cycle de Vie (ACV) permet d'évaluer l'impact de produits à une échelle globale au-delà des frontières territoriales. Elle est donc particulièrement pertinente quand on souhaite évaluer la contribution globale d'une activité au réchauffement climatique. Son principe est de considérer l'ensemble de la chaîne de production d'un produit : « de son berceau à sa tombe » et selon de multiples critères d'impact (énergie, polluants acidifiants, écotoxicité, GES, eutrophisation, etc). Cette approche a inspiré tout un ensemble d'outils tels que SIMAPRO®. La grande majorité de ces outils font référence à des bases de données normalisées du type ECOINVENT¹. Ces bases de données définissent les facteurs d'émissions et de consommations de ressources intervenant à chacune des étapes de fabrication du produit et de traitement des co-produits et des déchets qu'il génère. Ces bases sont abondamment renseignées concernant les régions industrialisées et les produits industriels mais elles restent difficilement applicables à l'étude des productions agricoles dans les pays du Sud.

La méthode PLANETE retenue dans cette étude s'inspire de l'ACV mais elle se limite à deux de ses dimensions : les consommations d'énergies non renouvelables et les émissions de GES. Autre particularité de la méthode, son périmètre d'étude s'arrête aux portes de la ferme et ne considère pas la commercialisation du produit et le recyclage de ses co-produits. Cette méthode est donc particulièrement adaptée pour comparer différents systèmes de production. Cependant les coefficients proposés dans l'outil PLANETE sont uniquement valables pour évaluer des productions agricoles en France métropolitaine (Bochu, 2007). Un important travail d'adaptation des coefficients énergétiques et des coefficients de GES a donc été entrepris.

Pour les coefficients énergétiques, ce travail a été effectué principalement selon trois modalités :

- Lorsque les intrants étaient importés, nous avons conservé le coefficient initial auquel nous avons ajouté un coût énergétique pour le transport depuis la France métropolitaine jusqu'à la Réunion (soit 10 600 km en fret maritime). Cela a été le cas par exemple du matériel agricole.
- Si les intrants étaient de même nature mais avaient des origines différentes nous avons substitué le coût énergétique du transport initial par un transport nouvellement calculé. Par exemple, le fioul consommé à La Réunion a une origine différente. Nous avons donc conservé les coûts énergétiques attribués pour l'extraction et le raffinage mais nous avons remplacé le transport « site de production (Mer du Nord, Proche Orient, ...) / France métropolitaine » par un transport « site de production (Singapour) / La Réunion ».
- Certains intrants étaient particuliers aux systèmes de production réunionnais. Dans ce cas un nouveau coefficient énergétique a été calculé. C'est le cas par exemple du coût énergétique de l'ensilage produit à la Réunion qui a été calculé selon l'itinéraire technique moyen et les différents

¹ <http://lca.jrc.ec.europa.eu>; <http://www.lcafood.dk>;

intrants consommés lors des différentes étapes du cycle de production : création de la prairie, entretien, récolte de l'ensilage et transport sur l'exploitation.

Concernant les émissions de GES, la démarche a consisté à maintenir les coefficients déjà présents dans la méthode en y ajoutant les émissions liées au transport lorsque les intrants étaient importés depuis la France métropolitaine. Seul le coefficient d'émissions lié à la production d'électricité a été recalculé selon les modalités locales (moindre utilisation du nucléaire au profit du charbon). Concernant les émissions de GES directes (essentiellement émissions de CH₄ d'origine entérique et de N₂O issus de la gestion des effluents d'élevage), le manque de données expérimentales locales nous a contraint de reprendre de grands standards internationaux proposés par le GIEC alors que ces coefficients d'émission mériteraient certainement d'être adaptés du fait de la particularité des conditions climatiques locales.

3. Résultats : une diversité porteuse de progrès

Face à une forte incertitude et un manque de recul par rapport aux facteurs d'émissions de GES introduits dans l'outil PLANETE Mascareignes seuls les résultats des bilans énergétiques sont présentés dans ce document.

3.1. Diversité des performances énergétiques et postes majeurs de consommation

Le tableau 1 donne les consommations énergétiques totales moyennes ramenées à la production de viande ou de lait. Le coefficient de variation associé à ces moyennes, les deux principaux postes de consommation et le coût de l'insularité sont également donnés dans ce tableau. Le coût de l'insularité correspond au pourcentage de la consommation énergétique totale imputable au transport des intrants depuis la France métropolitaine.

Cette étude montre une forte disparité des résultats entre productions animales. L'élevage de bovin lait est difficilement comparable étant donné son unité de produit différente (le litre de lait *versus* le kg de viande vif pour les autres productions). Pour ce qui est des élevages ayant la viande comme produit principal, les monogastriques (e.g. porc, volaille) ont physiologiquement un meilleur rendement d'utilisation des aliments que les ruminants (e.g. bovin viande) ce qui explique leurs consommations énergétiques plus faibles. A l'exception des élevages de lapin qui sont particulièrement affectés par des problèmes sanitaires (forte mortalité avant sevrage) et par conséquent dont les consommations énergétiques se rapprochent des consommations des élevages de ruminants. Au-delà de ces comparaisons inter-productions, on notera surtout une forte variation intra-production des consommations énergétiques puisque les coefficients de variation sont tous supérieurs à 10%. Cette variabilité est particulièrement élevée pour les élevages de bovins viande naisseurs et engraisseurs, et pour les élevages de lapin dont les coefficients de variation sont respectivement égal à 40, 28 et 33%.

Tableau 1. Consommations énergétiques totales et principaux postes de consommation par production animale à La Réunion (données 2007)

Productions	Consommations énergétiques totales		Principaux Postes de consommation		Coût de l'insularité
	Moyenne (EQF/ 100 unités de produit) ¹	coefficient de variation (%)	1 ^{er} poste (%) ²	2 ^{ème} poste (%) ²	(%) ³
Bovin lait	22	12	Alimentation (59)	Carburant (11)	27
Bovin viande naisseur	133	40	Alimentation (32)	Carburant (30)	15
Bovin viande engraisseur	168	28	Alimentation (52)	Animaux de renouvellement (14)	24
Porc	79	14	Alimentation (78)	Electricité (9)	34
Volaille	58	16	Alimentation (74)	Electricité (11)	30
Lapin	127	33	Alimentation (59)	Electricité (15)	31

¹ l'unité de produit est le litre de lait brut pour l'élevage de bovin lait. Pour le reste des productions il s'agit du kg de viande vif. ² il s'agit du pourcentage de la consommation énergétique totale. ³ il s'agit du pourcentage de la consommation énergétique totale imputable au transport des intrants depuis la France métropolitaine.

Quelle que-soit la production considérée l'alimentation reste le principal poste énergétique. Selon la production, il représente 32 à 78% des consommations énergétiques totales. C'est particulièrement vrai pour les élevages hors-sol ayant fortement recours aux aliments concentrés importés. Le 2^{ème} poste est généralement le carburant pour les ruminants et l'électricité pour les monogastriques. Enfin mis à part l'élevage de bovins viande naisseurs qui valorise des surfaces prairiales importantes, le coût de l'insularité des productions animales réunionnaises est particulièrement élevé (> 24%). Il reflète leur forte dépendance vis-à-vis de la France métropolitaine, le territoire d'origine de la majorité des intrants consommés.

3.2. Corrélation entre performances énergétiques et performances techniques

La figure 1 représente la consommation énergétique totale pour 100 kg de poids vif produit en fonction de l'indice de consommation global pour quatre des productions étudiées. L'indice de consommation global est le rapport entre la consommation annuelle totale d'aliments concentrés sur la ferme et la production annuelle totale de viande vive sortie de l'exploitation. Cet indice intègre la consommation d'aliments concentrés pour élever les reproducteurs et les animaux de renouvellement dans le cas d'élevages intégrant un atelier naisseur ; ce qui est le cas de l'élevage de bovins viande naisseurs, de porcs et de lapins.

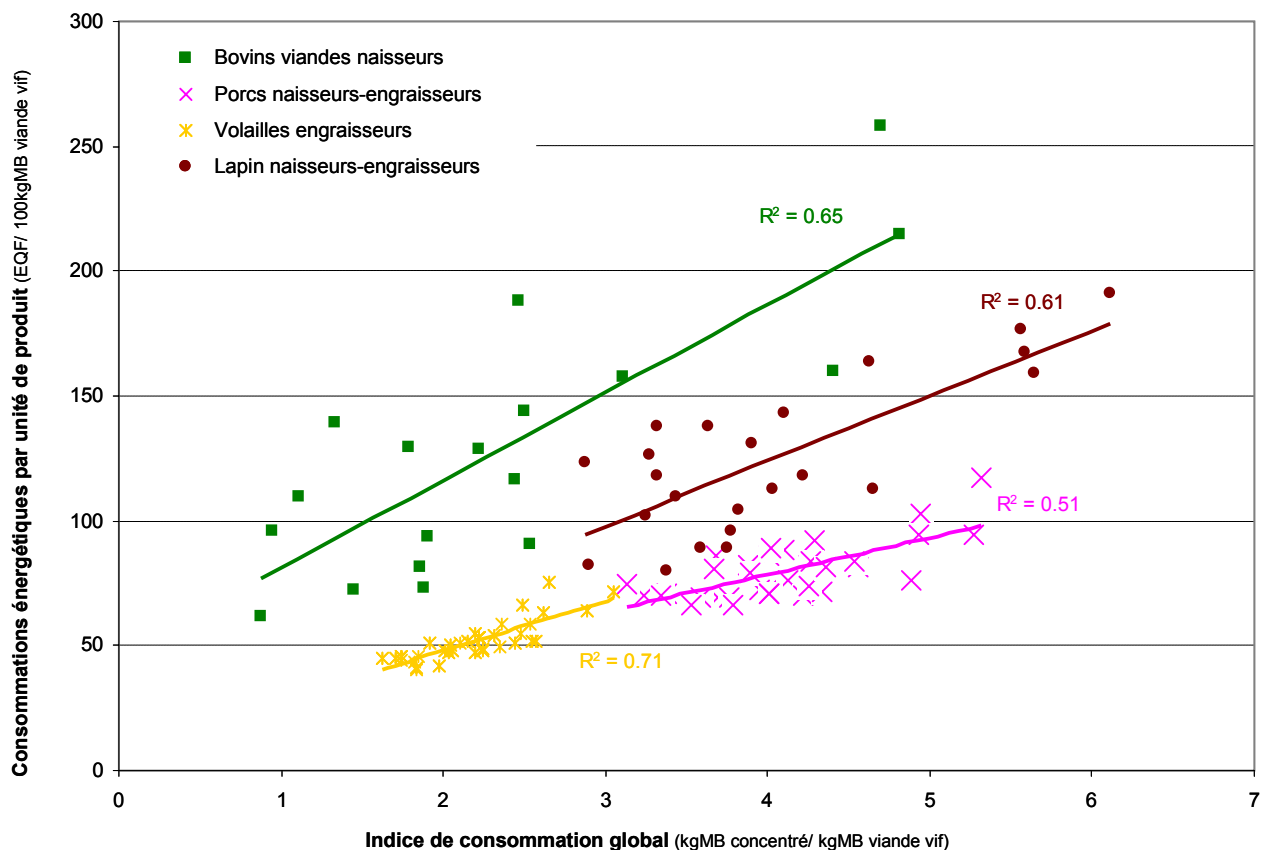


Figure 1. Corrélation entre la consommation énergétique et l'indice de consommation en élevage à La Réunion (données 2007)

Les droites de régression linéaires entre la variable environnementale et la variable technique sont également représentées en figure 1. En référence aux R^2 , nos travaux montrent une corrélation positive entre ces deux variables. Ces résultats sont cohérents avec le fait que l'alimentation représente le principal poste de consommation énergétique (cf. tableau 1). La corrélation est particulièrement forte pour la production de volaille où le R^2 est supérieur à 0,7.

3.3. Voies d'amélioration

Au-delà de la simple quantification de l'impact probable des productions animales, l'intérêt d'une telle étude couvrant un nombre important d'exploitations est de permettre l'identification de voies d'amélioration adaptées aux systèmes de productions locaux. A La Réunion, le fait qu'il existe une forte variabilité des performances énergétiques au sein de chaque production animale (cf. tableau 1) montre que la marge de progrès est importante.

En référence aux principaux postes de consommation énergétique donnés en tableau 1, des voies d'amélioration ont été identifiées. Quelle que soit l'espèce élevée, une réduction de l'indice de consommation global doit être visée. Pour les ruminants cela passe essentiellement par une amélioration de la qualité des fourrages distribués et un meilleur suivi de la reproduction. Pour les monogastriques la réduction de l'indice de consommation global passe avant tout par une amélioration

de l'ambiance dans les bâtiments (e.g. réduction de la température en été) et plus de rigueur en matière de biosécurité (hygiène, prévention des pathologies).

Le second poste de consommation énergétique pour les élevages de bovins et de monogastriques provient respectivement de la conduite des surfaces fourragères (consommation directe de carburants) et de la régulation de l'ambiance dans les bâtiments (consommation directe d'électricité). Ceci met en évidence que des progrès importants peuvent également être faits i) par le réglage et choix de tracteurs de puissances adaptées aux travaux réalisés en élevage de ruminants, ii) par l'isolation des bâtiments et la mise en place de boîtiers de régulation d'ambiance automatisés en élevage de monogastriques. Ces voies d'amélioration sont inféodées aux systèmes d'élevage étudiés. Quels que soient les systèmes étudiés, une bonne connaissance de leur environnement et de leur fonctionnement apparaît nécessaire à l'identification de voies d'amélioration adaptées.

4. Discussion : transposition de la démarche en contexte africain

Les systèmes d'élevage réunionnais diffèrent de ceux rencontrés en France métropolitaine. En particulier en élevage de bovins, les niveaux d'apport en concentrés sont plus élevés à La Réunion. Par ailleurs les élevages de monogastriques en hors-sol dépendent à La Réunion généralement moins d'énergie pour le chauffage des bâtiments. Dans les deux cas, l'importance énergétique du poste alimentation est donc accentuée en relatif. Cette particularité des systèmes d'élevage réunionnais nous a conduit à fortement détailler les coefficients associés au poste « alimentation » ; un coefficient énergétique a été défini pour chaque type d'aliment consommé en fonction de sa composition et de l'origine de ses composants (plus de 150 aliments distingués), alors que la méthode originelle prévoyait un coefficient moyen par production (soit moins d'une dizaine d'aliments distingués).

Les systèmes d'élevage africains s'éloignent de ceux rencontrés en France métropolitaine et à La Réunion. Ils sont certes moins productifs mais ils ont peu recours aux intrants importés et sont généralement moins mécanisés. Par conséquent il est probable que la consommation d'énergie non renouvelable ramenée au kg de produit soit plus faible. Une application en Afrique des méthodes telles que PLANETE suppose de fortes adaptations. La principale nous semble être un élargissement du périmètre d'analyse par une meilleure prise en compte de la consommation énergétique de la main d'œuvre mobilisée pour conduire les troupeaux et pour éventuellement cultiver les fourrages. Il faut en effet nourrir la main d'œuvre et l'alimentation humaine à un coût énergétique qu'il s'agira d'évaluer. Alors que l'alimentation humaine est négligeable quand on considère des systèmes mécanisés et à haut niveau d'intrants, elle peut devenir un point incontournable quand on s'intéresse à des systèmes d'élevage à haute intensité de main d'œuvre (systèmes agriculture-élevage) ou à très faible niveau d'intrant (systèmes pastoraux) tels que ceux rencontrés en Afrique Sub-saharienne.

Certes à La Réunion les systèmes d'élevage diffèrent fortement de ceux rencontrés en pays Africains. Cependant cette expérience de transposition d'une méthode de type ACV dans un contexte différent de

celui de sa conception constitue une référence dans la perspective d'étudier des systèmes de production agricoles dans les pays du Sud. Ces méthodes adaptées pourront être couplées à des modèles de simulation du fonctionnement des exploitations, tels que développés à La Réunion (Vayssières *et al.*, 2009), afin d'explorer la possibilité d'intensifier écologiquement les productions animales du Sud.

Conclusion

La réflexion autour des bilans énergétiques menée dans ce document illustre les difficultés et l'intérêt d'une évaluation globale des productions animales tenant compte de l'aval de la production en termes d'utilisation de ressources non renouvelables, telles que l'énergie, et d'impact environnemental, tel que la contribution au réchauffement climatique par l'émission de GES. Au delà d'une forte incertitude sur les coefficients d'émission et donc sur les indicateurs de performance, ce type d'étude permet de proposer des référentiels et d'identifier des voies d'amélioration adaptées. En agriculture, la majorité des méthodes ont été développées en pays développés or les pays en développement seront le lieu de changements radicaux dans les 40 prochaines années. Un enjeu majeur est donc l'adaptation des méthodes de type ACV pour leur utilisation en pays du Sud. Les premières adaptations ici présentées sur le cas réunionnais illustrent la démarche qui devra être menée dans la perspective de définir des systèmes d'élevage innovants plus intensifs écologiquement.

Bibliographie

- Bochu J.L., 2007.- Synthèse 2006 des bilans PLANETE. Consommations d'énergie et émissions de GES des exploitations agricoles ayant réalisé un bilan PLANETE. SOLAGRO / ADEME, 28 p.
- Chaumet J.M., Delpeuch F., Dorin B., Gherzi G., Hubert B., Le Cotty T., Paillard S., Petit M., Rastoin J.L., Ronzon T., Treyer S., 2009.- Agrimonde : Agricultures et alimentations du monde en 2050 : scénarios et défis pour un développement durable. Note de synthèse Cirad-Inra, Février 2009, 195 p.
- IPCC, 2006.- Intergovernmental Panel on Climate Change: Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Agriculture, Forestry and Other Land Use, vol. 4, 87 p.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., de Haan, C. (Eds), 2006.- Livestock's long shadow. Environmental issues and options. FAO, LEAD initiative, Rome, Italy, 319 p.
- Thornton P. K., van de Steeg J., Notenbaert A., Herrero M., 2009.- The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: a review of what we know and what we need to know. *Agri Syst.*, 101 (3): 113-127
- Vayssières J., Vigne M., Slegten V., Lecomte P., 2009.- A whole farm simulation model to improve multi-criteria system efficiency. In: AgSAP international Conference, Egmond aan Zee (the Netherlands), 10-12 Mars 2009, p 280-281.